COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 AOUT 1895.

PRÉSIDENCE DE M. MAREY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ACOUSTIQUE. — *Étude expérimentale des vibrations transversales des cordes.* Note de M. A. Cornu.

« Le phénomène des vibrations transversales des cordes est loin d'avoir été approfondi comme il le mérite à bien des titres. Lorsque, avec des dispositifs perfectionnés, on observe une corde vibrante, on reconnaît qu'elle est animée de mouvements beaucoup plus complexes qu'on ne le suppose généralement : cette complexité est une conséquence nécessaire des conditions initiales ou permanentes du mouvement vibratoire, et c'est à elle qu'on doit cette variété de sonorités et de timbres qui constituent la valeur musicale des instruments à cordes, spécialement des instruments à archet.

» Ayant été amené à étudier diverses particularités des mouvements

vibratoires, j'ai obtenu quelques résultats intéressants dont voici le résumé succinct :

» *Les vibrations transversales d'une corde, excitées d'une manière quelconque, sont toujours accompagnées de vibrations tournantes, l'élasticité de torsion de la corde entrant en jeu au même titre que la composante transversale de la tension.*

» Cette superposition constante, restée inaperçue jusqu'ici, d'une oscillation tournante, aurait pu être prévue d'après les théorèmes généraux de la Mécanique; en effet, le système de forces qu'on fait agir sur une corde pour la mettre en vibration est, comme on sait, toujours réductible à une force et à un couple : la force, appliquée à l'axe, détermine les vibrations transversales; le couple, les vibrations tournantes. Ce couple ne peut être nul qu'exceptionnellement; d'autant que les forces, toujours appliquées à la surface de la corde, ont, le plus souvent, par suite des frottements inévitables, une composante tangentielle relativement grande.

» *Cordes pincées.* — La mise en vibration d'une corde par *pincement* est, sous certains rapports, celle qui conduit aux mouvements les plus complexes : en effet, chacun des points de la surface de la corde se meut suivant la résultante des trois déplacements ainsi définis :

» 1° Rotation autour de l'axe de la corde.

» 2° Translation parallèle à un plan de symétrie de la corde.

» 3° Translation parallèle au plan de symétrie perpendiculaire.

» Le premier déplacement, variable avec le temps, est la somme algébrique d'oscillations pendulaires dont les périodes suivent à peu près la loi des harmoniques; toutefois, le coefficient d'amortissement des vibrations de torsion étant notable avec les cordes métalliques, considérable avec les cordes à boyau, ces oscillations s'éteignent les premières.

» Les deux autres déplacements constituent la vibration transversale habituellement considérée; c'est une vibration très complexe aussi par la superposition des harmoniques bien connues. Mais elle présente une autre complication qu'on néglige d'ordinaire; cette complication provient de ce que la corde, soit par sa constitution physique, soit par ses modes d'attache, n'est jamais symétrique autour de son axe, ce qui entraîne l'existence de deux plans rectangulaires principaux dans lesquels l'élasticité transversale est légèrement différente; de là, une différence de période ou de phase dans les deux composantes vibratoires et des battements reconnaissables en écoutant les harmoniques.

» C'est ce que montre d'ailleurs l'observation directe : le *fuseau optique* d'une corde pincée s'aplatit périodiquement et se balance autour de son axe; un point brillant fixé à la corde et observé obliquement décrit des courbes analogues à celles de Lissajous ou mieux à celles du kaléidophone de Wheatstone. Ces courbes sont au début dentelées et bouclées par les harmoniques des oscillations tournantes et transversales; elles se régularisent peu à peu par suite de l'extinction plus rapide des vibrations tournantes puis des harmoniques élevées et, finalement, elles se réduisent aux types les plus simples (ellipses, courbes en 8, etc.). Bien que la forme de ces courbes paraisse indiquer la prédominance des vibrations purement transversales, c'est-à-dire des vibrations dues à la composante normale de la force excitatrice, on reconnaît aisément l'influence de la composante tangentielle; c'est elle, en effet, qui détermine le sens initial de la description de ces courbes, car on l'inverse à volonté en attaquant la corde de manière à développer un couple agissant dans un sens ou dans l'autre.

» *Cordes mises en vibration par un choc.* — Les cordes frappées brusquement avec un corps solide semblent devoir prendre un mouvement vibratoire moins complexe que lorsqu'elles sont pincées; il n'en est rien. Le choc, bien qu'ayant lieu dans un temps extrêmement court, offre les mêmes causes de dissymétrie dans les forces mises en jeu : on retrouve au début les vibrations tournantes et toute la série des harmoniques déjà signalées, variables avec le point d'attaque et la dureté du corps choquant.

» La méthode d'observation qui sera décrite plus loin permet d'analyser le phénomène initial lequel est très curieux malgré son extrême brièveté.

» *Cordes mises en vibration par l'archet.* — Le mode vibratoire entretenu par un archet est beaucoup plus simple que les précédents, d'abord à cause de la permanence du régime, ensuite à cause de la rectilinéité des déplacements transversaux de l'axe de la corde, toujours parallèles à la direction de l'archet. Mais, ce qui caractérise ce genre de mouvement, c'est la grande amplitude des vibrations tournantes superposées aux vibrations rectilignes et transversales; la dépendance réciproque des deux systèmes d'oscillations est si intime que, malgré la complexité des mouvements composants, le mouvement périodique résultant est d'une uniformité parfaite; on en verra plus loin un exemple (*fig.* 1 et 2); c'est donc une véritable synchronisation mutuelle établie à la faveur du coefficient d'amortissement précité.

» L'origine de ces vibrations par torsion de la corde est ici tout à fait évidente : elles résultent de la force tangentielle exercée par l'archet; c'est

même par l'intermédiaire de la torsion que les déplacements transversaux prennent naissance. L'importance mécanique de ces vibrations tournantes est tellement grande que si, par une manœuvre convenable de l'archet, on leur imprime une amplitude considérable, de synchronisées elles deviennent synchronisantes, c'est-à-dire imposent aux vibrations transversales des périodes particulières. Les sons prennent alors un timbre spécial; leur hauteur ne correspond plus à la longueur de la corde; ils varient par degrés discontinus suivant la pression de l'archet et le point d'attaque. Ces sons, que j'appellerai *sons anormaux* ([1]), offrent la particularité inattendue d'être toujours plus graves que le son fondamental correspondant à la longueur de la corde mise en vibration; ils sont parfois assez difficiles à faire sortir avec pureté, comme si leur production naturelle exigeait certaines relations entre la constitution de la corde, sa longueur et sa tension ([2]).

» *Méthode d'observation.* — Après de nombreux essais pour découvrir l'origine des sons anormaux, j'ai été amené par l'examen attentif du mouvement de points brillants disposés sur les cordes d'un violoncelle à les attribuer à l'influence des vibrations tournantes. De là l'idée de fixer à la corde un miroir extrêmement léger ([3]), soit parallèlement, soit même perpen-

---

([1]) Ces sons anormaux n'ont été, à ma connaissance, décrits par aucun physicien; toutefois, dans son *Mémoire sur l'action de l'archet sur les cordes* (*Savants étrangers,* Tome VII), Duhamel affirme qu'il est « parvenu à tirer d'une corde des sons fort audessous du son fondamental », mais il attribue ce phénomène à une tout autre cause; on voit d'ailleurs qu'il n'a pas soupçonné le rôle de l'élasticité de torsion, car, dans sa théorie, la corde considérée est réduite à une ligne mathématique.

Les violoncellistes ont remarqué que certaines cordes (le *sol,* corde filée) donnent parfois des sons de mauvaise qualité : la corde *roule,* disent-ils. Effectivement, ces cordes sont celles qui donnent naturellement avec facilité les sons anormaux.

([2]) Pour obtenir les sons anormaux il faut appuyer lourdement sur la corde, comme pour la faire rouler sous l'archet; ni la constitution de l'archet, ni la nature de la corde, ni la construction de la caisse sonore n'interviennent dans la production de ces sons singuliers; on les obtient avec des cordes quelconques, métal, boyau, chanvre, etc., tendues sur un madrier, et frottées avec une tige rigide, de bois, de verre ou de métal, bien enduite de colophane. On a donc bien affaire à un phénomène général d'élasticité.

([3]) Ces miroirs, pesant à peine quelques milligrammes, s'obtiennent en découpant à la pointe de diamant des lames argentées en verre mince de microscope en rectangles de 1^{mm} à 2^{mm} de côté : on les colle sans difficulté sur la corde, à plat ou de tranche, avec une goutte d'arcanson (mélange de cire et de résine en parties égales) qu'on maintient ramollie avec un fil métallique légèrement chauffé. Il faut choisir des verres de

diculairement à la corde, de préférence au voisinage des extrémités ou des nœuds. L'image réfléchie d'un point lumineux décrit une ligne qui représente les mouvements de la normale au miroir. Lorsque le miroir est parallèle à l'axe de la corde, cette courbe réalise la composition optique de la vibration tournante et de l'oscillation angulaire correspondant à la composante de la vibration transversale normale au miroir (on voit aisément que l'autre composante transversale ne produit aucun effet). Ces deux directions vibratoires étant sensiblement rectangulaires, les projections de chaque point de la courbe sur ces deux directions donnent à chaque instant le déplacement correspondant.

» Lorsque le miroir est perpendiculaire à la corde, le mouvement du point brillant réfléchi n'est plus affecté par la vibration tournante ; il fournit alors la composition optique des deux composantes transversales signalées plus haut et qu'on sépare par projection sur des directions rectangulaires convenables.

» Ces quelques mots suffisent pour montrer que la méthode permet de déterminer le mouvement le plus général de la corde en chaque point.

» On est ainsi ramené à l'étude de ces courbes, très complexes, comme les considérations précédentes l'ont fait prévoir ; à l'aide de la lumière du soleil ou de l'arc électrique, on parvient sans peine à les photographier, ce qui permet de les examiner à loisir. Mais ces courbes sont par elles-mêmes insuffisantes pour la définition complète des mouvements composants ; il faut connaître en chacun de leurs points la loi de leur description avec le temps.

» On y parvient par le dispositif suivant, qui fournit une méthode générale de chronophotographie :

» Le point lumineux peut être à volonté fixe ou interrompu à des intervalles de temps égaux ; à cet effet, il est constitué par l'image focale de la source produite par une lentille à très court foyer ; cette image tombe soit sur un trou fixe, soit sur les trous percés sur le bord d'un disque, dernier mobile d'un rouage d'horlogerie ; ce disque, présentant une série de 100 trous équidistants, répartis sur une circonférence concentrique à son axe, et faisant environ 100 tours par seconde, le faisceau lumineux est interrompu et envoie des éclats équidistants d'un dix-millième de seconde.

---

deux à trois dixièmes de millimètre d'épaisseur pour éviter qu'ils ne se courbent lorsque l'arcanson se fige ; avec cette précaution, on obtient, malgré l'exiguïté de la surface réfléchissante, la perfection d'image requise pour les observations délicates.

» Dans ce cas, la courbe, au lieu d'être formée par une ligne continue, est constituée par un pointillé qui la gradue en dix-millièmes de seconde; la loi de description est alors entièrement déterminée. Pour éviter toute indécision sur la forme de la courbe, il est bon de faire successivement deux épreuves l'une en ligne continue, l'autre en pointillé, ce qui s'obtient par un simple déplacement de la lentille collectrice.

» La délicatesse de la méthode est telle que l'on peut étudier en détail des phénomènes presque instantanés, comme la succession des déplacements de la corde pendant la durée d'un choc, et déterminer la loi avec le temps des divers mouvements composants.

» L'étude de la courbe pointillée se fait sur une copie du cliché amplifié dix fois à la chambre claire, et on relève les points en les numérotant à partir d'une origine convenable; on trouve des repères de dix en dix, car les trous du disque perforé étant de dix en dix un peu plus larges, les points sont alors un peu plus gros; on évite ainsi toute chance d'erreur.

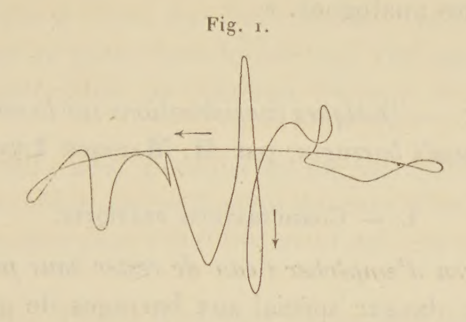
» Nous avons dit que la régularité des périodes successives était remarquable; aussi est-il à peine nécessaire d'employer un obturateur rigoureusement réglé, comme durée d'ouverture, pour obtenir la courbe fermée représentant une période complète; les courbes successives (lorsque l'archet est bien conduit) se recouvrent presque exactement. Mais pour l'obtention des courbes en pointillé, le réglage est nécessaire sous peine d'introduire des confusions inextricables. On lève cette difficulté et en outre l'indétermination du *sens* de la description par l'emploi d'un miroir à rotation lente interposé entre la source et le miroir de la corde; tout se passe alors comme si le point lumineux était animé d'un mouvement rectiligne et uniforme; si la courbe à observer était circulaire, elle se transformerait en une épicycloïde dont la disposition des boucles détermine sans ambiguïté le sens de description. Appliquée aux courbes complexes pointillées dont il s'agit ici, l'anamorphose produite, loin de compliquer les apparences, les simplifie en séparant des boucles qui seraient superposées et confuses.

» C'est ce que fera comprendre immédiatement un coup d'œil jeté sur les figures ci-jointes qui fournissent, dans un cas relativement simple, un exemple de l'application de la méthode.

» La *fig.* 1 représente la courbe fermée constituant la période ($\frac{1}{192}$ de seconde) du mouvement vibratoire d'un son normal; elle représente la composition optique du déplacement par torsion (mesuré parallèlement à la verticale) et du déplacement angulaire transversal (parallèlement

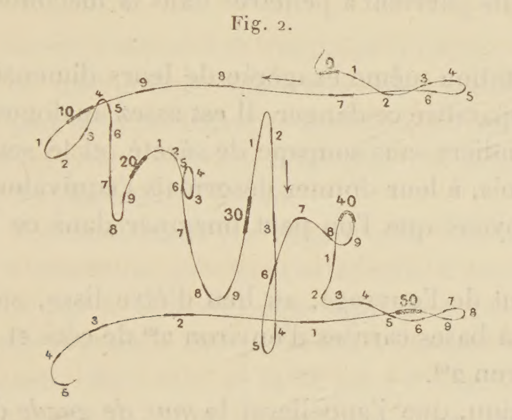
à l'horizontale) en un point situé à 20^{mm} d'une des extrémités d'une corde de 600^{mm} excitée par l'archet à l'autre extrémité.

Fig. 1.



» La *fig*. 2 est la même courbe, pointillée en $\frac{1}{8000}$ de seconde, anamorphosée suivant le mode décrit ci-dessus. La projection horizontale de chaque

Fig. 2.



point n'est pas altérée, la projection verticale doit être corrigée d'une quantité proportionnelle au temps; la distance des points homologues de deux périodes successives donne le coefficient de proportionnalité en même temps que la direction de l'axe de projection. On en déduit immédiatement le tracé graphique de la loi avec le temps de chaque mouvement composant.

» J'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie les clichés et dessins originaux dont ces figures sont les copies.

» Je poursuis depuis plusieurs années l'étude de ces mouvements vibratoires complexes qui touchent à une foule de problèmes, en apparence très divers; cette étude est loin d'être complète, même au simple point de vue de l'acoustique musicale; il reste encore bien des difficultés à lever avant de pouvoir donner une analyse mécanique satisfaisante du phénomène de l'excitation vibratoire. Toutefois, à un point de vue général, il m'a paru

utile de signaler dès à présent le rôle inattendu de l'élasticité de torsion si nette dans les vibrations transversales des cordes, mais moins apparent dans des phénomènes analogues. »

HYDRAULIQUE. — *Quelques considérations sur la construction des grands barrages;* par **M. Maurice Lévy.**

I. — Considérations pratiques.

« 1. *Sur un moyen d'empêcher l'eau de rester sous pression à l'intérieur des barrages.* — Le danger spécial aux barrages de grande hauteur tels qu'ils ont été établis jusqu'ici, aussi bien à l'étranger qu'en France, provient de la sous-pression ou pression ascendante qu'y produit l'eau lorsque, par des fissures, elle parvient à pénétrer dans la maçonnerie sur une étendue suffisante.

» Une augmentation même exagérée de leurs dimensions ne ferait pas complètement disparaître ce danger. Il est assez analogue à celui que présenterait une chaudière sans soupape de sûreté, et le seul remède radical consisterait, je crois, à leur donner désormais l'équivalent de cet appareil.

» Parmi les moyens que l'on peut imaginer dans ce but, j'ai pensé au suivant :

» La face amont de l'ouvrage, au lieu d'être lisse, serait munie d'une série de pilastres à bases carrées d'environ 2^m de côté et espacés entre eux également d'environ 2^m.

» Un mur continu, que j'appellerai le *mur de garde* du barrage, serait accolé aux faces amont de ces pilastres, de sorte que les intervalles compris entre les pilastres d'une part, le mur de garde et le massif principal du barrage d'autre part, formeraient des puits carrés d'environ 2^m de côté, régnant sur toute la hauteur du barrage. Les angles de ces puits seraient arrondis, de façon à leur donner une forme circulaire, qui augmenterait leur résistance, ainsi que la connexion entre le mur de garde et le massif du barrage.

» Supposons qu'une fissure quelconque vienne à se produire; si elle ne dépasse pas la largeur d'un pilastre, soit 2^m, elle n'offre aucun danger; dès qu'elle dépasse cette dimension au plus, elle débouche forcément dans un ou plusieurs puits, de sorte que l'eau qui y pénètre, au lieu d'y produire une pression, s'écoulera dans ces puits. Les fissures, quelles qu'elles soient, deviennent ainsi inoffensives.

» Les eaux amenées de la sorte dans les puits seraient recueillies par un drain longeant tout le barrage, puis évacuées par le canal de vidange du réservoir. Par le volume d'eau que donnerait ce drain, on serait constamment averti de ce qui se passe dans le barrage. Dès que ce volume atteindrait une valeur appréciable, on visiterait les puits et l'on en boucherait les fissures.

» Avec ce dispositif, nous pensons qu'un barrage ne présenterait pas plus de chances d'accident que tout autre ouvrage d'art. Les puits seraient d'ailleurs très commodes pour l'établissement des vannes de prise d'eau et de vidange.

» On pourrait aussi, au lieu d'adosser les puits en maçonnerie à un barrage de même matière, les adosser à une digue en terre. Celle-ci aussi se trouverait par là à l'abri des sous-pressions ou des infiltrations de l'eau du réservoir.

» 2. *Sur une nouvelle condition de résistance à imposer aux barrages.* — Pour les barrages en maçonnerie non munis du dispositif qui vient d'être décrit, par conséquent pour les barrages existants qui inspireraient quelque inquiétude, il conviendrait, je crois, d'adopter une nouvelle condition de résistance le long du parement d'amont.

» On s'impose habituellement (et encore cela n'est-il pas strictement observé partout) la condition qu'à leurs extrémités d'amont les joints horizontaux ne tendent pas à s'ouvrir ou ne supportent pas de traction; cela équivaut à assujettir la courbe des pressions à demeurer partout dans le tiers moyen des joints. Mais cela ne suffit pas : il s'agirait d'arriver à empêcher l'eau de pénétrer dans un joint ou dans une fissure, même si, par des effets calorifiques ou autres, elle est formée. La condition théorique nécessaire et suffisante pour cela, c'est que la pression à l'extrémité amont d'un joint soit supérieure à la pression de l'eau du réservoir en ce point. En prenant le poids spécifique de l'eau pour unité, cette pression, à la profondeur y, est égale à l'ordonnée y elle-même; soit n' la pression à l'extrémité amont du joint situé à cette profondeur. Au lieu de la condition habituelle $n' \geqq 0$, on devra s'imposer celle-ci :

$$(a) \qquad n' > y.$$

De cette façon l'eau, au lieu de tendre à pénétrer dans la maçonnerie, tendra toujours à en être chassée.

» Cette condition a naturellement beaucoup moins d'importance si l'on adopte le dispositif décrit au n° 1. Mais, même dans ce cas, elle nous paraît

sage; car il est toujours préférable de chasser l'eau de la maçonnerie, non seulement à cause de la sous-pression, mais aussi à cause de la gelée.

» La condition (a) se rapporte aux joints horizontaux. Dans les fissures verticales, quoique, par elles-mêmes, elles soient moins graves, il conviendrait que la même condition fût remplie. Dans ce but, on pourrait constituer en plan un barrage par une série de voûtes cylindriques à génératrices verticales, de 15 à 30^{m} de flèche, avec contreforts aux extrémités de chaque voûte.

» La pression de l'eau contre les voûtes cylindriques serrera les joints verticaux. Ce serrage, sauf les effets de la température, remplira de lui-même la condition d'être supérieur à la pression de l'eau.

» Le dispositif en voûtes séparées par des contreforts a d'ailleurs encore le double avantage :

» 1° De donner à l'ouvrage une grande liberté de dilatation sous l'influence de la chaleur;

» 2° Selon toute vraisemblance, de limiter une brèche qui viendrait à se produire, à la voûte où elle se serait produite.

» 3. *Nécessité de quelques données d'observation.* — La condition que le serrage des joints verticaux soit supérieur à la pression de l'eau devrait être remplie en tout temps, par les plus grandes chaleurs, comme par les plus grands froids. Pour pouvoir traduire cela mathématiquement, il est nécessaire de connaître, pour les diverses espèces de maçonneries usitées, le coefficient d'élasticité et le coefficient de dilatation. Ils ne sont guère déterminés, et il serait bien utile que le Laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées fît quelques recherches à ce sujet.

» 4. *Sur les lignes d'assises à donner aux barrages.* — On sait que, dans un solide prismatique comme un barrage, il existe dans chaque section transversale deux systèmes de lignes se coupant partout à angle droit, qu'avec Lamé nous appellerons *lignes isostatiques* et qui possèdent cette double propriété :

» 1° De ne supporter que des pressions rigoureusement normales;

» 2° De supporter, en chaque point, à savoir : l'une la pression la plus grande, l'autre la pression la plus petite qui se produise en ce point. Nous appellerons les premières les lignes (A) et les dernières les lignes (B).

» Il est clair que c'est suivant le premier de ces deux systèmes de lignes qu'il conviendrait d'élever les assises de la maçonnerie, puisqu'on éviterait ainsi toute tendance au glissement le long de ces assises.

» A la rigueur, on pourrait tracer ces lignes graphiquement par leurs

tangentes que l'on peut déterminer en chaque point. Mais cela n'est pas nécessaire. On connaît *a priori* deux lignes isostatiques, c'est-à-dire deux lignes ne supportant que des pressions normales : ce sont les deux parements du barrage. Le parement d'aval supportant des pressions nulles appartient forcément au système (B), c'est-à-dire à celui des pressions minima. Le parement d'amont appartient aussi à ce même système si la condition (a) du nº 2 est remplie.

» Par suite, toutes les lignes du système (A), c'est-à-dire toutes les lignes d'assises doivent couper à angle droit les deux parements.

» Au lieu de les calculer exactement, il est parfaitement suffisant de les remplacer par des arcs de cercle remplissant cette condition. Il n'y aura ainsi aucune tendance au glissement aux deux extrémités de chaque assise et cette tendance sera extrêmement faible à l'intérieur du massif, ce qui est très important, surtout à la base de la digue.

» Il va de soi que cela n'empêche pas de faire l'ouvrage en *opus incertum*, c'est-à-dire de ne pas faire des assises unies; cela n'empêche pas non plus l'emploi de gradins au niveau de la fondation.

» La manière d'assiser que je viens d'indiquer offre encore l'avantage de faciliter l'écoulement des eaux pluviales en tout temps et, en particulier, pendant que les travaux sont arrêtés entre deux campagnes.

II. — Considérations théoriques.

» 5. *Hypothèses et notations.* — Je prendrai le mètre pour unité de longueur et la tonne, c'est-à-dire le poids du mètre cube d'eau pour unité de force. Je désignerai par k le poids spécifique de la maçonnerie exprimé en tonnes, en sorte que k est compris entre 2 et 3.

» Je ferai abstraction des puits, même s'ils existent, c'est-à-dire que je supposerai le mur de garde accolé au massif du barrage. Cette hypothèse est évidemment moins favorable que la réalité. De même, je ne tiendrai pas compte de la résistance des contreforts, s'il y en a.

» Je supposerai les points d'une section transversale de l'ouvrage rapportés à deux axes de coordonnées : l'un horizontal Ox dirigé suivant le couronnement du barrage, de l'amont vers l'aval; l'autre dirigé suivant la verticale de la crête amont du barrage dans le sens descendant, par conséquent suivant le parement d'amont si celui-ci est vertical, ce que nous supposerons d'abord.

» Soit, à la profondeur y,

(1) $$\varepsilon = \varphi(y)$$

l'épaisseur de l'ouvrage (massif principal et mur de garde réunis) comptée suivant une horizontale.

» La pression de l'eau, sur la hauteur y, est

$$\frac{y^2}{2}.$$

» Le poids N de la maçonnerie correspondant à cette hauteur est

(2) $$N = k\int_0^y \varepsilon\, dy.$$

» Le moment de flexion M dans la section horizontale, faite à la profondeur y, est

(3) $$M = \frac{y^3}{6} + \frac{k}{2}\left(\int_0^y \varepsilon^2\, dy - \varepsilon\int_0^y \varepsilon\, dy\right).$$

» Les quadratures se font facilement en remplaçant le parement d'aval par une suite de lignes droites.

» J'admettrai pour la répartition des pressions, *dans les sections horizontales,* la loi dite du *trapèze.* On peut établir facilement que, dans le cas idéal d'un barrage à profil triangulaire, cette hypothèse est conforme à la théorie mathématique de l'élasticité.

» 6. *Énoncé des conditions de résistance.* — Les conditions de résistance que nous admettrons sont les suivantes :

» 1° Que, suivant aucune ligne *droite ou courbe* tracée dans une section transversale du barrage et en aucun point de cette ligne il puisse y avoir tendance au glissement ou tendance au cisaillement ou écrasement de la maçonnerie, ou effort de traction sur les mortiers, qu'en particulier, il ne puisse pas se produire de *soufflures* ou tractions tendant à séparer le parement d'aval du corps du barrage ;

» 2° S'il n'y a pas de mur de garde avec puits, et même s'il y en a et qu'on craigne la gelée, qu'en aucun point du parement d'amont, la compression de la maçonnerie puisse être inférieure à la pression de l'eau en ce point (*voir* n° 2).

A. — *Premiers calculs de résistance.*

» 7. *Glissement suivant une section horizontale. Poids minimum de maçonnerie.* — Pour qu'il n'y ait pas glissement sur une section horizontale

placée à la profondeur y, il faut que

$$\text{(A)} \qquad N \geqq \frac{y^2}{2f} \quad \text{ou} \quad \int_0^y \varepsilon\, dy \geqq \frac{y^2}{2fk},$$

f étant le coefficient de frottement. On admet généralement $f = 0,70$ à $0,75$. C'est beaucoup, surtout sur les fondations, si l'on élève l'ouvrage par assises à peu près horizontales. Je pense que ce chiffre devient admissible, si l'on assise comme il est dit au nº 4, parce qu'alors intervient suivant une section horizontale, non seulement le frottement, mais aussi la résistance au cisaillement de la pierre.

» N est le poids de la portion du barrage de hauteur y à partir du couronnement. Donc, quel que soit le profil d'aval que l'on adopte, le minimum de ce poids est

$$(4) \qquad N = \frac{y^2}{2f},$$

et le poids minimum de l'ouvrage entier, en appelant H sa hauteur, est

$$\frac{H^2}{2f}.$$

» L'équation (4) différentiée donne, à cause de (2),

$$\varepsilon = \frac{y}{fk},$$

de sorte qu'en dépensant le minimum de maçonnerie eu égard à la seule condition dont nous nous occupons, on serait amené à donner au barrage une section triangulaire, le parement d'aval ayant un fruit $\frac{1}{fk}$ compris, si l'on suppose $f = 0,70$ entre $\frac{1}{1,4}$ et $\frac{1}{2,10}$, puisque k est compris entre 2 et 3.

» 8. *Compression au droit du parement d'aval.* — J'ai établi la proposition suivante, facile à démontrer :

» Théorème. — *La compression maxima en un point du parement d'aval est égale à celle qui se produit sur l'élément horizontal passant en ce point, divisée par le carré du cosinus de l'angle que fait le parement avec la verticale.*

» Soit n'' la pression exercée à l'extrémité aval de l'élément horizontal; la pression maxima sera $n''(1 + \varepsilon'^2)$, en désignant par $\varepsilon' = \frac{d\varepsilon}{dy}$ le fruit du parement en ce point. C'est cette pression qui doit être inférieure ou au

plus égale à celle R qu'on ne veut pas dépasser pour la maçonnerie employée. Ainsi, on doit avoir

$$n'' \leqq \frac{R}{1 + \varepsilon'^2}.$$

» Mais la règle du trapèze donne

$$n'' = \frac{N}{\varepsilon} + \frac{6M}{\varepsilon^2},$$

d'où

$$\text{(B)} \qquad N\varepsilon + 6M \leqq \frac{R\varepsilon^2}{1 + \varepsilon'^2},$$

N et M ayant les valeurs (2) et (3). La condition d'égale résistance le long du parement d'aval serait donc

$$\text{(B')} \qquad N\varepsilon + 6M = \frac{R\varepsilon^2}{1 + \varepsilon'^2}.$$

» On partira d'une épaisseur donnée ε_0 en couronne; on supposera le parement vertical, ce qui donne $\varepsilon' = 0$ et l'on cherchera la hauteur y pour laquelle l'inégalité (B) est satisfaite; puis on prendra un fruit $\varepsilon' = 0,1$ par exemple. On cherchera la nouvelle hauteur pour laquelle elle est satisfaite; puis un fruit $\varepsilon' = 0,2$ et ainsi de suite. On déterminera ainsi de proche en proche le parement d'aval. S'il ne satisfait pas partout à la condition de glissement (A), on le renforcera. On aura ainsi un profil satisfaisant aux deux conditions (A) et (B).

» *Remarque.* — Le théorème énoncé au commencement de ce paragraphe montre que l'avantage d'adopter un profil d'aval un peu concave est beaucoup moins grand qu'on l'a supposé dans les Ouvrages les plus récents. Un profil plan est vraisemblablement, avec la nouvelle forme que notre théorème donne à la condition d'égale résistance, aussi économique et peut-être plus économique (ce serait un théorème à établir) que les profils courbes. Cela simplifierait naturellement la marche qui vient d'être indiquée. On chercherait, à l'aide de l'équation (B'), appliquée à la base de l'ouvrage, le fruit à adopter.

» 9. *Compression au droit du parement d'amont.* — La compression n' sur un élément passant à l'extrémité amont de la section horizontale faite à la profondeur y est

$$n' = \frac{N}{\varepsilon} - \frac{6M}{\varepsilon^2}.$$

Les grandeurs ε, N, M sont à présent connues par les calculs antérieurs.

» Si l'on a des puits et si l'on ne craint pas la gelée, on devra s'assurer qu'on a partout

$$n' \geqq 0$$

ou

$$(C) \qquad N\varepsilon - 6M \geqq 0.$$

Dans le cas contraire, on devra s'assurer qu'on a partout

$$n' > y$$

ou

$$(C') \qquad N\varepsilon - 6M \geqq \varepsilon^2 y,$$

et cette condition vraisemblablement ne sera pas satisfaite d'elle-même et exigera un nouveau renforcement du barrage.

B. — *Calculs complémentaires de résistance.*

» 10. *Expression des forces élastiques sur les éléments horizontaux et verticaux.* — Si l'on a satisfait aux conditions (A), (B), (C'), j'estime qu'on peut s'en tenir là. On peut considérer comme évident, sans que cela puisse toutefois se prouver mathématiquement, que les autres conditions énoncées au n° 6 seront remplies d'elles-mêmes. Si l'on a satisfait aux conditions (A), (B), (C), cela est encore assez vraisemblable. Il est pourtant prudent, surtout pour un barrage de grande hauteur, de s'en assurer. Les calculs deviennent un peu laborieux; mais on peut les effectuer à l'aide des formules que nous allons donner.

» Ayant les pressions normales n' et n'' aux deux extrémités de la section horizontale faite à la profondeur y, on a, d'après la loi du trapèze, la pression normale n, en un point de cette section située à la distance x du parement d'amont, par la formule linéaire en x

$$n = n' + (n'' - n')\frac{x}{\varepsilon}.$$

Soit

$$n = P + Qx,$$

où

$$(5) \qquad \begin{cases} P = n' = \dfrac{N}{\varepsilon} - \dfrac{6M}{\varepsilon^2}, \\ Q = \dfrac{n'' - n'}{\varepsilon} = \dfrac{12M}{\varepsilon^3}, \end{cases}$$

de sorte que P et Q sont deux fonctions de la seule variable y, faciles à déduire des calculs antérieurs.

» Mais on est forcé de calculer aussi leurs dérivées premières P', Q' et leurs dérivées secondes P'', Q'' pour les sections ou valeurs de y pour lesquelles on veut faire la vérification actuelle. On la fera surtout pour $y = H$ ou à la base de la digue.

» Dans les expressions de ces dérivées, on peut négliger la dérivée seconde ε'' de ε, à cause de la faible courbure du parement d'aval; s'il n'a nulle part une forte inclinaison, on pourra négliger aussi ε', au moins à une première approximation, et surtout ε'^2.

» Ceci posé, soient respectivement n_1 et t les composantes normale et tangentielle de la pression totale exercée sur un élément vertical passant par un point (x, y) du profil transversal de la digue. On sait que t représente aussi la composante tangentielle exercée sur l'élément horizontal passant en ce point, en sorte que n et t sont les deux composantes de la pression totale que supporte cet élément.

» On a, d'après la théorie du rectangle élémentaire, en reproduisant l'expression ci-dessus de n,

$$(6) \quad \left\{ \begin{aligned} n &= P + Qx, \\ n_1 &= y + P''\frac{x^2}{2} + Q''\frac{x^3}{6}, \\ t &= kx - P'x - Q'\frac{x^2}{2}. \end{aligned} \right.$$

» 11. *Condition de non-soufflure au parement d'aval.* — La maçonnerie devant être comprimée dans tous les sens, il faut que la force n_1 soit partout positive. Elle l'est pour $x = 0$, puisqu'elle se réduit alors à la pression de l'eau sur le parement amont. Il sera bon de vérifier qu'elle l'est aussi près du parement d'aval, soit pour $x = \varepsilon$.

» Il y a une digue en maçonnerie de l'un des réservoirs du canal de Bourgogne dont le parement d'aval se décolle constamment en se boursouflant à environ $0^m,40$ de distance du parement d'aval. Ce fait se produit aussi à d'autres barrages de grande hauteur. On l'attribue généralement à des effets de gelée et de dilatation calorifique; mais il s'expliquerait de lui-même si, pour ces ouvrages, n_1 devenait négatif vers l'aval, c'est-à-dire s'il y avait traction dans le sens horizontal. Il convient donc de vérifier la chose. La seconde formule (6) permet de le faire.

» 12. *Compression maxima suivant un élément quelconque.* — La com-

pression maxima en un point quelconque, c'est-à-dire (n° 4) la pression exercée sur la courbe isostatique (A) passant en ce point, pression que nous désignerons par la lettre A, est

$$\text{(D)} \qquad A = \frac{n+n_1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(n-n_1)^2+4t^2}.$$

» On doit avoir, par suite,

$$\text{(D')} \qquad A \leqq R.$$

Si, pour une valeur de y, A est une fonction croissante de x, sa plus grande valeur se produit au parement d'aval. Il serait facile de s'assurer que son expression (D) coïncide alors avec celle résultant du théorème énoncé au n° 8. La vérification faite à l'aide de ce théorème suffit alors pour être entièrement certain que nulle part la maçonnerie ne supporte, dans quelque direction que ce soit, une pression supérieure à R.

» Si, au contraire, pour une valeur de y, l'expression de A considérée comme fonction de x passait par un maximum, pour x compris entre o et ε, ce qu'on reconnaîtrait en cherchant si $\frac{\partial A}{\partial x}$ change de signe dans cet intervalle, c'est la valeur maxima ainsi obtenue pour A qui devrait être inférieure à R. Autrement, il conviendrait de renforcer la digue.

» 13. *Compression minima.* — La compression minima en un point, c'est-à-dire la force élastique exercée sur la ligne isostatique (B) passant en ce point, force élastique que nous appellerons B, a pour expression

$$\text{(E)} \qquad B = \frac{n+n_1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(n-n_1)^2+4t^2},$$

et l'on doit avoir partout $B > 0$.

» Au parement amont, la condition est remplie; au parement aval, on a $B = 0$. Si donc B est une fonction décroissante de x, la condition sera remplie partout. Pour qu'elle ne le fût pas, il faudrait que B passât par un minimum entre $x = 0$ et $x = \varepsilon$; c'est alors ce minimum qui ne devrait pas être négatif pour que l'on fût assuré que, nulle part et dans aucune direction, il n'y a traction de la maçonnerie.

14. *Cisaillement.* — La force tangentielle maxima en un point donné a pour expression

$$\frac{A-B}{2},$$

soit

$$\text{(F)} \qquad \frac{1}{2}\sqrt{(n-n_1)^2+4t^2}.$$

» On peut donc, si on le veut, vérifier si nulle part la maçonnerie ne tend à se rompre par cisaillement. En appelant R′ sa résistance au cisaillement, on devrait avoir partout

$$\text{(F}'\text{)} \qquad \frac{1}{2}\sqrt{(n-n_1)^2+4t^2} \leqq \mathrm{R}'.$$

» 15. *Glissement.* — On a vérifié en commençant que nulle part il ne peut y avoir glissement sur un joint horizontal. Pourrait-il y avoir glissement suivant des lignes planes ou courbes quelconques? Il est évident que, suivant de telles lignes, ce n'est pas le mortier seul qui résisterait; ce n'est donc pas le frottement seul, si l'on fait abstraction de l'adhérence du mortier. La résistance au cisaillement de la pierre interviendrait et, à ce point de vue, on pourrait se borner à la condition du paragraphe précédent.

» On peut aussi poser la question de la manière suivante : soit p la pression totale exercée sur un élément linéaire d'inclinaison quelconque, passant en un point du profil de la digue. Soient respectivement p_ν la composante normale et p_τ la composante tangentielle de cette force.

» La pression normale p_ν, au moment d'un glissement, donnerait lieu à un frottement fp_ν, de sorte que la force produisant le cisaillement ne serait pas p_τ, mais

$$p_\tau - fp_\nu.$$

» Il suffit donc que le maximum que peut atteindre cette différence, calculée pour les différents éléments linéaires considérés, ne dépasse en aucun point la résistance au cisaillement R′ de la pierre.

» On peut s'assurer qu'en un point donné, ce maximum a pour expression

$$(7) \qquad \frac{\sqrt{1+f^2}\,\sqrt{(n-n_1)^2+4t^2}-f(n+n_1)}{2},$$

de sorte qu'en tenant ainsi compte à la fois de la résistance au cisaillement et de la résistance au frottement, l'inégalité (F′) serait remplacée par celle-ci :

$$(7') \qquad \frac{1}{2}\sqrt{(n-n_1)^2+4t^2} \leqq \frac{1}{\sqrt{1+f^2}}\left[\mathrm{R}'+\frac{f(n+n_1)}{2}\right]$$

qui peut être vérifiée sans que celle (F′) le soit et qui, en fait, exprime qu'il ne peut y avoir glissement dans aucune direction.

C. — *Cas où le parement amont n'est pas vertical.*

» 16. L'usage a prévalu, dans les derniers barrages établis, de faire le parement amont à peu près vertical. Mais, pour satisfaire le plus économiquement possible à la condition du n° 2, on pourra être conduit à donner aussi à ce parement soit une inclinaison prononcée, soit même un fruit variable. Il est bon de compléter les formules précédentes à ce point de vue.

» Prenons toujours l'axe des y suivant la verticale de la crête amont du barrage et soient, respectivement, à la profondeur y : ε et $-\varepsilon_1$ les abscisses d'un point du profil d'aval et d'un point du profil d'amont, en sorte que ε et ε_1 sont deux fonctions de y.

» La pression normale N sur la section horizontale placée à la profondeur y, section dont l'épaisseur est $\varepsilon + \varepsilon_1$, a pour expression

$$(8)\qquad N = k\int_0^y (\varepsilon+\varepsilon_1)\,dy + \int_0^y y\,\frac{d\varepsilon_1}{dy}\,dy.$$

» Le moment de flexion M, dans cette section, est

$$(9)\qquad \left\{\begin{aligned} M = {} & \frac{k}{2}\left[\int_0^y (\varepsilon^2-\varepsilon_1^2)\,dy - (\varepsilon-\varepsilon_1)\int_0^y (\varepsilon+\varepsilon_1)\,dy\right] \\ & + \frac{y^3}{6} + \int_0^y \varepsilon_1\,\frac{d\varepsilon_1}{dy}\,y\,dy - \frac{\varepsilon-\varepsilon_1}{2}\int_0^y y\,\frac{d\varepsilon_1}{dy}\,dy. \end{aligned}\right.$$

» La pression n', sur l'extrémité amont d'un joint horizontal, serait donnée par la formule

$$(10)\qquad n' = \frac{N}{\varepsilon+\varepsilon_1} - \frac{6M}{(\varepsilon+\varepsilon_1)^2}.$$

» La pression n'', à l'extrémité aval, par

$$(10')\qquad n'' = \frac{N}{\varepsilon+\varepsilon_1} + \frac{6M}{(\varepsilon+\varepsilon_1)^2}.$$

» Les formules (8), (9), (10) et (10′) permettent de faire la détermination des deux profils par des calculs analogues à ceux des n°s 7, 8, 9, les conditions indiquées dans ces paragraphes pouvant être conservées.

» Si l'on veut pousser les calculs plus loin, selon les n°s 10 et suivants, il

faut calculer n, n_1, t. On aura ici

$$n = \frac{-n'(x-\varepsilon)+n''(x+\varepsilon_1)}{\varepsilon+\varepsilon_1},$$

soit toujours

$$n = P + Qx,$$

en posant ici

$$(11) \qquad P = \frac{n'\varepsilon + n''\varepsilon_1}{\varepsilon+\varepsilon_1}, \qquad Q = \frac{n''-n'}{\varepsilon+\varepsilon_1}.$$

» Les formules (6) du n° 10 deviennent

$$(12) \quad \begin{cases} n = P + Qx, \\ t = (k-P')(x+\varepsilon_1) - Q'\dfrac{x^2-\varepsilon_1^2}{2} - (P - Q\varepsilon_1 - y)\varepsilon_1', \\ n_1 = y + (P - Q\varepsilon_1 - y)\varepsilon_1'^2 \\ \qquad + \left[-(k-P')\varepsilon_1 - Q'\dfrac{\varepsilon_1^2}{2} + (P - Q\varepsilon_1 - y)\varepsilon_1'\right]'(x+\varepsilon_1) \\ \qquad + P''\dfrac{x^2-\varepsilon_1^2}{2} + Q''\dfrac{x^3+\varepsilon_1^3}{6}, \end{cases}$$

où les accents désignent des dérivées par rapport à y.

» Pour $\varepsilon_1 = 0$ on retrouve les formules (6).

» Si l'inclinaison du parement d'amont est assez faible, on pourra négliger ε_1' dans ces équations.

» Toutes les formules des n°s 11 et suivants restent d'ailleurs applicables au problème général qui fait l'objet du présent paragraphe. »

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La Commission internationale des glaciers.* Note de M. **F.-A. Forel.**

« Le sixième Congrès international de Géologie, réuni à Zurich en août 1894, a chargé une Commission, dont j'ai l'honneur d'être le président et qui a pour représentant en France le prince Roland Bonaparte, d'étudier les variations en grandeur des glaciers dans les diverses contrées de la terre. J'essayerai de résumer les grands traits du problème qui nous est posé.

» Les glaciers actuels présentent des variations de volume qui deviennent

spécialement apparentes à l'observation sous la forme de variations de leur longueur; tantôt le glacier s'avance plus bas, tantôt il s'allonge moins loin dans sa vallée de dévalement. Ces oscillations résultent des variations dans les deux facteurs opposés qui président au volume du glacier : le facteur d'alimentation, par la précipitation plus ou moins forte de neige et de givre de l'humidité atmosphérique sur les hauts sommets des montagnes; le facteur de destruction, par la chaleur estivale qui attaque plus ou moins la glace dans les basses régions où l'amène son lent écoulement et le transforme en eau liquide. Ces deux facteurs sont soumis à des variations cycliques dans l'ordre des variations atmosphériques.

» L'observation des Alpes de l'Europe centrale nous a donné, dans le siècle actuel, quelques indices sur les allures de ces variations des glaciers. En résumant ce que nous savons sur les glaciers de la Savoie, de la Suisse, de la haute Italie et de l'Autriche, nous constatons les faits suivants :

» Phase de crue, de 1811 à 1820 et 1825.

» État de maximum, à la fin du premier quart de siècle.

» Décrue, minimum et nouvelle crue, mal marqués, mal définis, indécis.

» État de maximum, vers 1855; disons vers la moitié du siècle.

» Grande décrue générale, dans le troisième quart du siècle.

» Crue à partir de 1875, 1880 et 1890, pour tous les glaciers du mont Blanc, la moitié de ceux du Valais, un quart de ceux de Berne, et quelques glaciers des Grisons et de l'Autriche.

» Maximum en 1893, pour quelques-uns des glaciers qui ont subi la crue du dernier quart du siècle.

» Des faits observés, nous déduisons :

» *a*. Les allures des glaciers sont individuelles et spéciales à chacun d'eux;

» *b*. Il y a cependant des allures générales qui apparaissent dans certains cas sur l'ensemble des glaciers d'un pays;

» *c*. La durée de ces oscillations des glaciers se mesure par dizaines d'années; d'après les chiffres connus, la durée moyenne peut être évaluée à trente ou quarante ans au moins. Les variations des glaciers sont de longue périodicité.

» *d*. D'après les faits connus dans les autres régions glaciaires du globe, aussi bien dans les régions polaires que dans les chaînes alpines des régions tempérées, les mêmes variations des glaciers peuvent y être constatées.

» Les variations des facteurs humidité atmosphérique et chaleur, qui régissent le volume des glaciers, sont d'ordre climatique; elles sont l'indice de variations du climat.

» Nous avons donc, dans l'observation des oscillations des glaciers, un procédé comparable d'appréciation des variations de climat dans les diverses régions du globe. Si nous pouvons découvrir une simultanéité ou une alternance dans la variation des glaciers sous les diverses latitudes et longitudes du globe, nous aurons donné une réponse à de graves questions de Météorologie générale, en même temps que nous fournirons une base plus certaine à l'explication de ces variations, ainsi qu'à la théorie des époques glaciaires de l'ère quaternaire.

» Nous précisons donc dans les termes suivants le problème posé à la Commission internationale des glaciers : Y a-t-il simultanéité, ou y a-t-il alternance, ou n'y a-t-il pas de concordance dans les variations glaciaires :

» *a*. Dans les divers glaciers d'un même continent (exemples : Alpes, Pyrénées, Alpes scandinaves)?

» *b*. Dans les divers glaciers d'un même hémisphère, au Nord ou au Sud de l'équateur (exemples : glaciers d'Europe, glaciers d'Asie, glaciers nord-américains, glaciers polaires arctiques)?

» *c*. Dans les divers glaciers du globe, glaciers de l'hémisphère nord, glaciers polaires arctiques, glaciers de l'hémisphère sud, glaciers polaires antarctiques?

» C'est pour cette œuvre scientifique de longue haleine que la Commission internationale des glaciers sollicite le concours des naturalistes du monde entier, et la bienveillance de l'Académie des Sciences de France. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. L. **Descroix** soumet au jugement de l'Académie une série de Tableaux numériques, portant pour titre « Études sur le climat de Paris; 2ᵉ série ».

(Commissaires : MM. Cornu, Mascart.)

CORRESPONDANCE.

M. R. **Bergh**, nommé Correspondant, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la perte que la Science vient de faire dans la personne de M. *G. Basso*, membre de l'Académie royale des Sciences de Turin.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Ouvrage de M. *J. Strauss*, intitulé « La tuberculose et son bacille ». (Présenté par M. Brouardel.)

2° Un Ouvrage de M. *F.-A. Forel*, intitulé : « Le Léman, monographie séismologique ».

PHYSIQUE. — *Sur le mouvement brownien*. Note de M. **C. Maltézos**, présentée par M. A. Cornu.

« Dans notre Mémoire sur le mouvement brownien, inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique* en avril 1894, nous disions :

» La tension superficielle étant la même autour du corpuscule en sus-
» pension, son effet sera nul. Or cet équilibre cesse d'avoir lieu et le
» mouvement brownien prend naissance dans les cas suivants, à un des-
» quels au moins, admettons-nous, le corpuscule en mouvement obéit :
» 1° Quand le corps n'a pas la même densité superficielle sur toute sa
» surface, etc.; et enfin 4° Si près du corps le liquide n'est pas pur.... »

» Pourtant nous n'étions pas alors fixé sur la cause prépondérante de ce phénomène.

» Avant d'arriver aux conclusions précédentes, nous avions examiné et discuté les faits observés par d'autres et par nous-même, et spécialement le phénomène de M. Stanley Zevons. Cet expérimentateur avait observé que, si l'on ajoute à l'eau des solutions salines ou acides, le mouvement brownien est presque arrêté. Pourtant, d'après nos observations personnelles, cela n'était pas tout à fait exact, parce qu'il y a des particules, et quelquefois en grand nombre, qui continuent à montrer le mouvement brownien après cette addition.

» Ce phénomène ne nous avait pas servi pour l'explication cherchée, car nous ne comprenions pas alors très bien le rôle que l'addition du sel ou de l'acide y jouait.

» Heureusement nous avons lu dernièrement le travail de M. J.-A. Bliss, *Sur les forces apparentes entre les fines particules solides immergées totalement dans les liquides* (1), dans lequel est décrite une série d'observations faites en vue de rechercher les causes du phénomène de la floculation (2).

(1) *Physical Review*, Vol. II, n° 11; 1895.

(2) Ce phénomène consiste en ceci : si, dans l'eau contenant en suspension de fins

» J'ai étudié moi-même, avec une grande attention, ce phénomène de la floculation, et j'ai observé que, après l'addition de la solution saline ou acide dans l'eau, les particules forment des flocons quand elles se trouvent très près les unes des autres, et cessent de montrer le mouvement brownien quand elles se réunissent en plusieurs; mais il y en a d'autres qui s'arrondissent simplement, grossissent et continuent à se mouvoir; enfin, il y en a d'autres qui se dédoublent en s'unissant à une autre particule voisine, et continuent à montrer le mouvement brownien. Seulement, la durée de la suspension est devenue plus courte.

» En observant des corpuscules immergés en mouvement, d'abord à travers un système optique grossissant 550 fois, et ensuite en changeant l'oculaire pour obtenir un grossissement de 860 fois, j'ai remarqué que, tout près des gros corpuscules, il en existait souvent d'autres presque invisibles par le premier oculaire. Ainsi s'explique l'arrondissement observé pour beaucoup des corpuscules après l'addition de la solution saline ou acide, et aussi le caractère floconneux de plusieurs flocus reposant au fond, dont la partie translucide se met, par la plus faible trépidation du support, à vibrer fortement en ressemblant à des ombres mouvantes.

» Il résulte de ce qui précède que la cause prépondérante du mouvement brownien est la quatrième de celles que j'avais proposées dans le Mémoire susmentionné, développée et *modifiée* comme il suit. Considérons un corpuscule solide (ou liquide) suspendu dans l'eau (ou dans un li-

---

corpuscules d'argile ou du sable, nous ajoutons quelques gouttes de différentes solutions, nous observons les effets suivants :

1° Si l'on y ajoute un acide, du sel marin, du citron ou encore un sel neutre, les particules se réunissent en groupes, c'est-à-dire qu'elles constituent des flocons; 2° si l'on y ajoute une trace d'ammoniaque, de potasse ou de soude caustique, de carbonate de potasse ou de soude, ou enfin du borax, les particules semblent devenir plus fines encore, et restent plus longtemps en suspension; 3° si un excès de ces mêmes substances y est ajouté, il se produit de nouveau le phénomène de la floculation.

Ce phénomène paraît être dû à la force capillaire entre l'eau, le sel ou l'acide et les solides. La théorie générale que M. Fuchs a proposée et qu'il a spécialisée pour le cas de la floculation de M. Bliss consiste en ceci : si l'attraction entre les molécules du solide et celles du liquide excède celle du liquide-liquide et celle du solide-solide, l'énergie potentielle est minimum. Si donc deux corpuscules sont à une distance mutuelle plus petite que le double de ce rayon, ils se repoussent. Mais si la force entre le solide-liquide est plus petite qu'entre liquide-liquide et solide-solide, l'énergie potentielle devient de plus en plus petite, quand les deux corpuscules s'en approchent indéfiniment. Il doit donc y avoir attraction.

quide). Ce corpuscule est entouré d'une atmosphère liquide, d'épaisseur égale au rayon de l'action moléculaire, dont la densité va en croissant jusqu'au corps. Nous distinguons deux cas : 1° le corpuscule se trouve tout près du fond du vase ou d'un autre corpuscule; 2° il est suspendu au sein de la masse fluide.

» 1. Quand le corpuscule se trouve tout près du fond (et toutes les particules, après un temps plus ou moins court, se trouvent dans ce cas), il plonge dans un liquide qui n'est plus homogène ni isotrope, car tout près de la paroi et des corps qu'elle supporte se forme l'atmosphère liquide capillaire. Et comme l'attraction solide-liquide et paroi-liquide est plus grande (dans l'eau pure) que l'attraction liquide-liquide et paroi-solide, l'énergie potentielle est minimum; si la distance du corpuscule au fond est plus petite que la somme des deux rayons de l'action moléculaire (paroi-liquide et corpuscule-liquide), il se produira des répulsions élémentaires dont la résultante variera, quant à la direction et la grandeur, d'après les anomalies que présentera le fond, et suivant la présence d'autres corpuscules. On aura donc le mouvement brownien.

» La même chose doit avoir lieu quand le corpuscule se trouve tout près d'un autre au sein de la masse fluide.

» 2. Quand le corpuscule se trouve assez éloigné des parois et des autres corpuscules suspendus dans le liquide, si celui-ci était homogène tout autour de lui, c'est-à-dire si la couche entourant le corpuscule avait la même épaisseur partout et si la loi de la variation de la densité était la même dans tous sens, le corpuscule ne présenterait pas le mouvement brownien; mais si le liquide n'est pas homogène, soit en raison de sa saleté, soit à cause de la présence de l'objectif immergé, soit enfin par la non-homogénéité superficielle du solide, la différence de la tension superficielle qui en résultera suffira pour pousser le solide dans un sens ou dans l'autre, c'est-à-dire pour lui communiquer le mouvement brownien.

» Il est superflu d'ajouter que, si le corpuscule se trouve tout près d'un autre, ou près du fond, et si en même temps l'eau est salie, ce qui est le cas le plus fréquent, les deux causes ensemble concourent à communiquer au corpuscule le mouvement brownien. Ainsi le mouvement brownien *est un phénomène capillaire*.

» Cette explication rend aisément compte de *toutes* les particularités décrites par les divers observateurs et par moi-même, ainsi que de la modification causée par le phénomène produit par l'addition des gouttes d'une solution saline ou acide, c'est-à-dire par le phénomène de la floculation. »

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Éclairage par luminescence.*
Note de M. **A. Witz**, présentée par M. Haton de la Goupillière.

« Les foyers de lumière sont constitués par un solide ou un liquide incandescent, dont la température doit dépasser 1100°, d'après Draper, pour que la lumière soit blanche et le spectre complet. Le spectre visible a pour longueurs d'ondes limites $0^{\mu},38$ et $0^{\mu},76$, mais l'infra-rouge s'étend pour ainsi dire indéfiniment vers les radiations moins réfrangibles, donnant une chaleur sensible au bolomètre de Langley jusqu'aux ondes de 30μ de longueur, et embrassant par conséquent plus de cinq octaves de radiations lumineuses. Quand on trace la courbe d'énergie des spectres, en portant en abscisse les longueurs d'onde et en ordonnée l'intensité des radiations, on constate qu'elle ne présente qu'un seul maximum, généralement situé à l'entrée de l'infra-rouge, mais qui se déplace progressivement et avance vers la région la plus réfrangible à mesure que la température du foyer augmente ; cette courbe n'est pas symétrique par rapport à l'ordonnée maximum, et la majeure partie de son aire se trouve du côté du spectre calorifique obscur. Une forte proportion de l'énergie appartient donc à ces radiations invisibles et chaudes : voilà pourquoi les foyers de lumière sont tous aussi des foyers de chaleur, dont le rendement photogénique est extrêmement faible. J'ai calculé ce rendement dans une Note insérée aux *Comptes rendus* [1], en 1891.

» Améliorer ce rendement serait une découverte scientifique considérable : un grand nombre de chercheurs en ont fait l'objectif de leurs investigations.

» Il a semblé à quelques-uns que la solution du problème pourrait être fournie par des sources luminescentes, telles que des tubes de Geissler, dans lesquelles la température du gaz raréfié est comprise entre 21° et 132°, d'après de récentes expériences de M. Warburg; qui rayonnent il est vrai peu de lumière, mais dont l'émission calorifique est plus faible encore.

» En attendant qu'on puisse construire la courbe d'énergie du spectre discontinu fourni par ces foyers, ce qui présentera d'extrêmes difficultés, je me suis proposé de mesurer la quantité d'énergie nécessaire pour illuminer ces tubes.

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXII, 29 juin 1891.

» La luminescence des tubes est réalisée, soit par les courants de haute tension donnés par des appareils d'induction volta-faradique, soit par les courants débités par une machine de Holtz ; dans le premier cas, on peut déterminer les watts consommés dans le tube ; dans le second, on mesure les kilogrammètres dépensés pour faire mouvoir la génératrice d'électricité, à vide et en charge.

» J'ai opéré sur plusieurs tubes, et notamment sur une lampe destinée aux mineurs et sur un tube de médecin, utilisé pour éclairer les cavités profondes.

» La lampe des mineurs s'illumine sans peine par le courant d'induction d'une petite bobine de Ruhmkorf, donnant 20^{mm} d'étincelle ; elle fournit alors assez de lumière pour permettre de lire une Table de logarithmes, à une distance de 40^{cm} de la source. M. Langley s'est contenté de cette mesure photométrique fort rudimentaire : la teinte blafarde de la lumière ne se prête pas aux méthodes habituelles de comparaison, qui sont la base de la Photométrie. Or, j'ai constaté entre les électrodes terminales une différence de potentiel de 4190 volts, le courant ayant alors une intensité de 0,27 milliampère, ce qui fait 1,13 watt. L'énergie consommée est grande relativement à la lumière produite : on pouvait s'attendre à un rendement supérieur.

» Les résultats obtenus avec une machine de Holtz sont plus intéressants : j'ai utilisé le dynamomètre de transmission de Hirn pour mesurer le travail nécessaire pour faire faire en moyenne 726 tours par minute au plateau de verre de la machine, dans les diverses conditions qui suivent :

	Marche		Étincelles de 145^{mm}, 8 par seconde.	Lampe des mineurs.	Tube de médecin.
	à vide.	en circuit fermé sur la machine.			
Travail en kilogrammètres par seconde..........	1,043	1,785	2,174	1,711	1,763

» L'illumination de la lampe des mineurs coûte donc

$$1,711 - 1,043 = 0^{kgm},668,$$

soit 6,6 watts. Le rendement est moindre encore que ci-dessus ; l'incandescence d'une lampe à filament de charbon, dans le vide, ne coûte que 3 watts par bougie ; notre lampe des mineurs absorbe plus d'énergie et donne beaucoup moins de lumière ; c'est un mode d'éclairage ruineux.

» Et pourtant, la quantité de chaleur rayonnée est faible.

» Ayant, en effet, plongé le tube de médecin dans un calorimètre, nous avons observé un dégagement de $0^{cal},00033$ par seconde, ce qui correspond à

$$0,00033 \times 425 = 0^{kgm},140.$$

Or l'illumination de ce tube coûte $0^{kgm},720$; la chaleur produite ne correspond donc qu'au cinquième de l'énergie dépensée. A ce point de vue, aucun autre foyer de lumière ne donne un aussi heureux résultat.

» Les chiffres que nous produisons ne constituent évidemment qu'une première indication, car ils varient avec la nature et la forme des tubes employés, et ils n'ont rien d'absolu. Mais on peut retenir de nos expériences que, dans l'éclairage par luminescence, la proportion de l'énergie calorifique par rapport à l'énergie totale est plus faible que dans tout autre foyer. En réduisant au minimum les pertes d'électricité, en concentrant la lumière dans un espace restreint, en utilisant la fluorescence de certaines substances, en inventant certains dispositifs spéciaux, on peut espérer réaliser des foyers dont le rendement photogénique sera meilleur que celui de nos meilleures sources de lumière. La luminescence à basse température donne, pour le moment, de très médiocres résultats; mais du moins permet-elle de réduire la partie invisible et inutile des spectres d'émission. »

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur les noyaux des Urédinées.* Note de MM. **G. Poirault** et **Raciborski.**

« Schmitz a montré, en 1880, que les articles du thalle et les spores des Urédinées contiennent deux noyaux. Le fait a été confirmé par les observations de M. Rosen et par celles de MM. Dangeard et Sappin-Trouffy. Le premier de ces auteurs avait noté que, dans les téleutospores du *Puccinia asarina*, les deux noyaux arrivent très près l'un de l'autre et que peut-être ils se fusionnent en un seul. MM. Dangeard et Sappin-Trouffy ont, peu après, confirmé ces résultats, en ajoutant qu'il y a réellement fusion et que ce phénomène doit être considéré comme un phénomène sexuel.

» Nous avons pensé que cette question n'avait chance d'être résolue qu'après une étude minutieuse du développement. C'est pourquoi, dans une Note précédente (*Comptes rendus;* 15 juillet 1895), nous avons décrit les phénomènes de caryokynèse chez ces plantes. Nous voudrions aujourd'hui résumer l'ensemble de nos recherches, et montrer combien l'histoire des noyaux des Urédinées offre d'intérêt au point de vue de l'histoire générale de la cellule.

» Les cellules multinucléées sont fréquentes chez les plantes et les animaux, mais elles diffèrent des articles et des spores multinucléées des Uré-

dinées en ce que ces noyaux multiples proviennent tous de la division d'un noyau unique, et que, par conséquent, ces noyaux sont plus ou moins parents entre eux, tandis que les deux noyaux des Urédinées appartiennent à deux lignées différentes. L'étude du développement montre, en effet, que lorsqu'une cellule se divise, les deux noyaux se rapprochent, expulsent leurs nucléoles qui restent longtemps visibles en dehors d'eux, et que ces noyaux forment ensemble une figure caryokynétique commune, absolument symétrique. Chacun de ces noyaux ne contient qu'*un* chromosome : leur ensemble se comporte donc comme un noyau à *deux* chromosomes et c'est ainsi que nous avions décrit précédemment la caryokynèse, description qui doit être rectifiée. Quant à ce phénomène, nous avons dit qu'il est essentiellement le même que chez les plantes supérieures. Le phénomène étant synchronique dans les deux noyaux accolés, le résultat de la division est donc la formation simultanée de quatre noyaux, aux dépens des deux noyaux primitifs. Nous proposons d'appeler ces noyaux *noyaux conjugués,* et *division conjuguée* leurs phénomènes de caryokynèse, qui sont relativement faciles à suivre lors de la formation des spores. Ces deux noyaux ne sont pas toujours séparés; à certain moment, ils se mêlent, mais se comportent alors comme deux noyaux, chacun formant *deux* chromosomes. La différence c'est qu'à l'anaphase, au lieu de donner quatre noyaux secondaires, ils n'en donnent que deux. En réalité, cette période du développement où l'on ne trouve qu'un noyau est très courte ([1]).

» La principale différence entre la division conjuguée des noyaux des Urédinées et la caryokynèse ordinaire, c'est qu'à l'anaphase les segments chromatiques, qui restent isolés dans le premier cas, s'unissent dans le second pour former un noyau unique. Dans ses intéressantes *Études cytologiques,* M. Boveri ([2]) admet que ces différences tiennent à la distance respective des chromosomes, qui ne se réunissent pas quand ils sont trop éloignés. Nous ne le pensons pas, car ces chromosomes des Urédinées, qui restent distincts, formant chacun un noyau, sont très rapprochés. Ces noyaux se comportent, en réalité, comme des *demi-noyaux* qui, à eux

---

([1]) Dans le *Coleosporium euphrasiæ*, par exemple, le double noyau de l'ébauche de la téleutospore se divise deux fois, pour former quatre cellules uninucléées, dont chacune est une loge de la téleutospore. A la germination, le noyau de la loge qui est passée dans la sporidie s'y divise, donnant naissance à deux noyaux secondaires qui restent l'un près de l'autre. Ainsi se constitue la première cellule à deux noyaux de la seconde génération, que nous n'avons pas suivie dans son développement ultérieur.

([2]) *Zellen Studien,* Heft III, p. 55.

deux, représentent l'ensemble des propriétés du noyau ordinaire et qui, pour cette raison, sont incapables de se diviser isolément, mais forment ensemble une figure caryokynétique tout à fait symétrique. Seuls les noyaux fusionnés peuvent se diviser individuellement.

» M. Strasburger (1) a fait, à la manière de voir de MM. Dangeard et Sappin-Trouffy, cette objection que les auteurs n'avaient pas apporté la preuve d'une différence de structure entre les deux noyaux et que, d'autre part, ces noyaux ne provenaient pas de parties de la plante « éloignées dans le développement ». Il est de fait qu'il n'y a, entre les deux noyaux, aucune différence appréciable, mais, d'autre part, ces noyaux ne sont pas parents, nous l'avons montré. Est-ce à dire pour cela qu'il faille voir là un phénomène de fécondation? Pour l'instant du moins, nous ne le pensons pas. Il nous paraît préférable de ne pas confondre les phénomènes de fusion dans les noyaux des Basidiomycètes, signalés par MM. Wagger, Rosen, Dangeard et Sappin-Trouffy, avec les phénomènes de fécondation. Si nous voulons considérer la fusion des noyaux de la probaside (téleutospore) comme un acte sexuel, nous devons donner le même nom à la fusion des deux noyaux polaires du sac embryonnaire des Phanérogames. D'autre part, la principale différence entre la caryokynèse ordinaire et la caryokynèse conjuguée, c'est, nous le répétons, qu'à l'anaphase il y a union des segments dans le premier cas, et que ceux-ci restent isolés dans le second. Or, on pourrait parfaitement considérer la fusion des noyaux de la téleutospore comme le phénomène caractéristique de l'anaphase qui, au lieu de se produire immédiatement, n'apparaîtrait qu'après un certain temps durant lequel ces *noyaux-chromosomes* sont passés à l'état de repos. Et alors, si cette fusion est une fécondation, il n'y a pas de raison pour ne pas attribuer le même qualificatif à la réunion des vingt-quatre segments chromatiques dans les noyaux du Lys martagon à la fin de la caryokynèse : la caryokynèse est essentiellement un phénomène sexuel, et le mot de *sexualité* n'a plus de sens. On voit donc que la question est délicate, et ne saurait être résolue aussi rapidement que le pensent MM. Dangeard et Sappin-Trouffy. Malgré tout, il faut savoir gré à ces savants d'avoir insisté sur ces intéressants phénomènes, dont l'étude contribuera sans doute à éclairer la question, encore si obscure, de la phylogénie de la fécondation. »

---

(1) *Biologisches Centralblatt*, p. 864; 1894.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'antitoxine diphtérique.* Note de MM. **Guérin** et **Macé**.

« Du sérum de cheval immunisé à l'égard de la diphtérie, sérum dont l'activité dépassait le quatre-vingt millième, a été traité par dix fois son volume d'alcool à 95°. On filtre après quinze jours de contact et on lave le résidu à l'alcool. Les liquides alcooliques réunis ont été additionnés d'un léger excès d'acide tartrique, puis évaporés au bain-marie jusqu'à siccité complète. Le résidu de l'évaporation, repris par une petite quantité d'eau, est mélangé avec un peu d'hydrate de calcium, et le tout est desséché dans le vide au-dessus de l'acide sulfurique. La masse, épuisée par l'alcool absolu et filtrée, est elle-même évaporée à sec dans le vide.

» Ce résidu final, redissous dans une petite quantité d'eau légèrement acidulée d'acide chlorhydrique, renfermait, à l'état de chlorhydrate, une substance alcaloïdique, donnant des précipités jaunes avec les réactifs de Valser et de Tauret, ainsi qu'avec le réactif molybdique. L'iodure de potassium iodé le précipitait en brun; les chlorures d'or et de platine, non plus que l'acide picrique, ne donnaient de précipité; le réactif de Brouardel et Boutmy n'était pas sensiblement réduit, ce qui paraît exclure l'hypothèse d'une leucomaïne.

» Cette solution aqueuse de substance alcaloïdique n'a manifesté aucun pouvoir antitoxique ou immunisant à l'égard de la toxine ou des cultures diphtériques.

» Le coagulum albumineux retenu par le filtre lors de la première opération, et lavé à l'alcool fort, a été desséché dans le vide au-dessus de l'acide sulfurique, puis réduit en poudre fine et épuisé par l'eau distillée. Le liquide obtenu par filtration possède une puissance antitoxique très élevée à l'égard de la toxine diphtérique très active.

» D'après ces données, la substance active paraît être de la même nature que les ferments solubles qu'on réunit actuellement sous le nom de *diastases*. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Sur une substance toxique extraite des capsules surrénales.* Note de M. **D. Gourfein**, présentée par M. Brouardel.

« On a, depuis longtemps, admis dans les capsules surrénales la présence de substances toxiques.

» M. le professeur Gluzinsky, dans un article publié dans le *Wiener klinische Wochenschrift*, n° 14; 1895, donne le résultat de ses expériences faites avec l'extrait glycérique des capsules surrénales. D'après cet auteur, l'extrait glycérique de ces organes est très toxique; injecté aux animaux,

il provoque chez eux les symptômes suivants : paralysie des membres postérieurs avec perte de la sensibilité; convulsions dans la moitié antérieure du corps; quelquefois se montre un véritable opisthotonos; la respiration devient fréquente, les pupilles se dilatent; l'animal injecté meurt de dyspnée progressive et de paralysie généralisée.

» Dans les expériences dont je présente ici le résumé, expériences faites dans le laboratoire de Thérapeutique expérimentale de M. le professeur Prevost, à l'Université de Genève, et, pour la partie chimique, avec les conseils et les indications de M. le privat-docent P. Binet, je suis arrivé à des conclusions différentes de celles de M. Gluzinsky.

» J'ai cherché d'abord à séparer, en précipitant l'extrait glycérique par l'alcool, les substances insolubles dans ce dissolvant de celles qui y sont solubles.

» Les substances précipitées par l'alcool sont constituées surtout par des albuminoïdes. Redissoutes dans l'eau et injectées à des animaux, elles se sont montrées inactives ou très faiblement toxiques.

» Les substances solubles dans l'alcool sont, au contraire, très toxiques et ne sont pas détruites par la chaleur. Il y avait avantage alors à renoncer à l'emploi de la glycérine, qui complique l'appréciation de la toxicité, et à opérer à chaud pour se mettre à l'abri de la putréfaction, souvent rapide dans ces extraits.

» Après divers essais, j'ai adopté la méthode suivante :

» Prendre les capsules surrénales d'animaux (bœufs, moutons, veaux) fraîchement tués, les débarrasser soigneusement de la graisse et du tissu conjonctif qui les entourent; les mélanger, après les avoir coupées en petits morceaux, à du verre finement pilé, et triturer dans un mortier avec un peu d'eau.

» On verse alors sur le tout plusieurs volumes d'eau chaude, puis on laisse digérer, dans une capsule, au bain-marie, pendant une demi-heure. On filtre et l'on joint au filtrat le liquide obtenu en exprimant à la presse le résidu resté sur le filtre.

» On évapore ce liquide au bain-marie en consistance sirupeuse, puis on y ajoute quatre fois son volume d'alcool; on laisse au frais pendant vingt-quatre heures et l'on filtre.

» Le précipité par l'alcool, redissous dans l'eau, est tout à fait inactif. Au contraire, le résidu obtenu après évaporation au bain-marie du liquide alcoolique se montre très toxique.

» L'extrait des capsules surrénales préparé de cette manière et injecté sous la peau des animaux (grenouilles, rats blancs, souris, lapins et chats) provoque les symptômes suivants :

» 1° La grenouille, immédiatement après l'injection, tombe inerte,

reste couchée sur le dos sans mouvement, sans cependant être paralysée, car si on l'excite elle fait encore des mouvements, mais se fatigue très vite; l'excitabilité électrique des nerfs moteurs existe au moment de la mort même et persiste trois ou quatre heures après la mort.

» 2° La respiration est très accélérée. Le cœur est moins impressionné par cette substance; nous avons pu observer les battements des oreillettes pendant vingt à trente minutes après la mort.

» 3° La survie des grenouilles est d'un quart d'heure à une heure.

» 4° Chez les mammifères, le premier symptôme qui apparaît après l'injection est la gêne respiratoire, qui augmente progressivement jusqu'à la mort; les battements du cœur deviennent faibles, mais sont affectés plus tardivement que la respiration; les oreillettes continuent quelquefois à battre pendant dix minutes après la mort.

» 5° Les animaux injectés s'affaiblissent rapidement, sont abattus, restent immobiles, sans qu'ils soient cependant paralysés, car une légère excitation mécanique les fait courir dans la cage, mais après avoir fait un ou deux tours ils tombent inertes en forte dyspnée; le sensorium est complètement conservé; l'excitabilité électrique des nerfs moteurs existe au moment de la mort et persiste quinze à dix-huit minutes après.

» 6° Chez les lapins soumis à la respiration artificielle, nous avons pu observer une paralysie du cœur, mais tardive. J'ai pu constater également chez eux la paralysie du nerf vague, qui, électrisé avec un fort courant induit, n'arrêtait plus le cœur. Dix-huit minutes après la mort, en découvrant et isolant le sciatique, nous avons trouvé ce nerf encore excitable même avec un courant induit d'une faible intensité.

» 7° Chez les chats, outre les symptômes décrits, nous avons observé des vomissements et une forte salivation; cette salive précipitée par l'alcool, évaporée au bain-marie, injectée à des souris, n'a provoqué aucun symptôme chez ces animaux.

» 8° A l'autopsie des animaux morts à la suite de l'injection, à part une forte congestion pulmonaire, on ne trouve aucune lésion : le cœur est toujours flasque et en diastole.

» 9° Pour savoir si les phénomènes toxiques observés appartiennent bien en propre aux capsules surrénales, nous avons fait une série d'expériences avec l'extrait de la rate et des muscles pris sur le même animal et préparé de la même façon; l'injection de ces extraits n'a pas provoqué de phénomènes toxiques.

» 10° On peut donc extraire des capsules surrénales une substance

toxique qui est soluble dans l'alcool et qui résiste à la chaleur; cette substance, injectée sous la peau des animaux, provoque une série de symptômes qui sont constants. Elle amène la mort dans un délai très bref en agissant probablement sur le système nerveux central.

» 11° Pour une quantité donnée de capsules surrénales la proportion de substance active est variable, car nos extraits alcooliques préparés de la même manière ont présenté une valeur toxique très inégale.

» La survie des animaux injectés se trouve en rapport avec cette toxicité. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Hyperglobulie instantanée, par stimulation périphérique; conséquences.* Note de M. **Jules Chéron**, présentée par M. Potain.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les résultats d'une expérience que j'ai répétée une trentaine de fois depuis cinq ans et qui me paraît avoir des conséquences importantes en Physiologie et en Thérapeutique générales.

» Etant donné un malade manifestement anémique, chez qui l'on constate l'existence d'un bruit de souffle doux à la base du cœur, mesurons sa pression artérielle, le nombre des globules rouges et le taux de l'hémoglobine. La pression artérielle est très basse, soit 11^{cm} de mercure. On constate à l'hématimètre une hypoglobulie considérable : exactement 2480000 globules par millimètre cube. Au chromomètre de Nachet et Hayem, teinte très pâle : n° 3.

» Ces constatations faites, pratiquons chez notre malade une injection hypodermique de 5^{cc} de sérum artificiel (solution de chlorure de sodium à 1 pour 100, par exemple). Dix minutes après l'injection, nous constatons les phénomènes suivants : le malade est moins pâle; le bruit de souffle a disparu; la pression artérielle est montée de 11^{cm} à 16^{cm} de mercure; le nombre des globules est de 4080000 par centimètre carré; au chromomètre, teinte n° 6.

» Nous venons de voir, en quelques minutes, le nombre des hématies et la teneur en hémoglobine augmenter dans des proportions absolument invraisemblables. Et cependant l'expérience, répétée sur ma demande par plusieurs hématologistes, a constamment donné des résultats semblables. On ne saurait absolument pas invoquer une erreur de technique.

» On peut répéter cette expérience, et obtenir ces résultats en injectant sous la peau n'importe quel liquide, à condition que ce liquide ne soit pas toxique.

» La douche froide, les frictions sèches, le massage, l'étincelle statique et, d'une façon générale, toutes les stimulations portant sur une grande surface sensitive, déterminent, sur les sujets anémiés, un phénomène en tout semblable à celui que je viens de décrire. *L'ascension des montagnes*, l'air vif des hauts plateaux agissent de la même façon.

» Quelle interprétation plausible peut-on donner de ce phénomène paradoxal? Une seule me paraît devoir répondre à toutes les objections. Sous l'influence de la stimulation immédiate que l'injection hypodermique imprime au système nerveux central, l'appareil vasculaire tout entier réagit, comme en témoigne l'élévation de la tension artérielle; la tunique musculaire des vaisseaux se contracte, la capacité totale du système circulatoire diminue; les parties liquides du sang, fortement comprimées, s'échappent dans les tissus périvasculaires, et les globules rouges, baignant dans une quantité de liquide beaucoup moindre, apparaissent beaucoup plus nombreux dans un espace donné.

» Ce que montre l'hématimètre, ce n'est donc pas une hyperglobulie subite, mais simplement le résultat de la concentration du sang sous l'influence de l'élévation de la tension vasculaire.

» Cette expérience me conduit à admettre que l'hypoglobulie n'est souvent qu'apparente; qu'un très grand nombre d'anémies (toutes les anémies peut-être) ne sont que des hydrémies consécutives à une sorte de *parésie*, de *neurasthénie vasculaire*. »

M. V. **Ducla** adresse un Mémoire relatif à des expériences diverses sur l'Électricité.

La séance est levée à 4 heures un quart. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 5 aout 1895.

La tuberculose et son bacille, par M. J. Strauss, professeur de Pathologie expérimentale et comparée à la Faculté de Médecine de Paris, etc. Paris, Rueff et Cie, 1895; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Brouardel.)

Le Léman, monographie séismologique, par M. F.-A. Forel. Lausanne, F. Rouge, 1895; 2 vol. gr. in-8°.

Bulletin astronomique, publié sous les auspices de l'Observatoire de Paris, par M. F. Tisserand, Membre de l'Institut, avec la collaboration de MM. G. Bigourdan, O. Callandreau et R. Radau. Août 1895. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895; 1 fasc. in-8°.

Annales de Chimie et de Physique, par MM. Berthelot, Pasteur, Friedel, Mascart. Août 1895. Paris, G. Masson; 1 vol. in-8°.

Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, publié sous la direction des Secrétaires de la Société, MM. Collignon et Aimé Girard. Juillet 1895. Paris; 1 vol. in-4°.

La Tribune médicale, Rédacteur en chef : M. J.-V. Laborde, Membre de l'Académie de Médecine, etc. N° 13. Paris, Goupy et Maurin; 1 fasc. in-8°.

Revue générale des Sciences pures et appliquées. N° 14. 30 juillet 1895. Paris, Georges Carré; 1 fasc. in-4°.

Annales médico-psychologiques. N° 1. Juillet-Août 1895. Paris, G. Masson; 1 vol. in-8°.

Annuaire géologique universel. Revue de Géologie et de Paléontologie. Année 1893. Tome X. Troisième fascicule. Paris, 1895; 1 vol. in-8°.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London for the year MDCCCXCIV. Vol. 185. Part. II. London, Harrison and sons, 1895; 2 vol. in-4°.